

Kari Mäenpää

Äänen häviöllisen pakkauksen vaikutus Yleisradion radiokanavien äänimaailmaan

AAC audion (MPEG4 ISO14496) käyttö Yleisradion kontribuutioyhteisissä

Tekijä(t)	Kari Mäenpää
Otsikko	Äänen häviöllisen pakkauksen vaikutus Yleisradion radiokanavien äänimaailmaan
Sivumäärä	28 sivua + 29 liitettä
Aika	25.3.2011
Tutkinto	Medianomi
Koulutusohjelma	Digitaalinen Viestintä
Suuntautumisvaihtoehto	Digimediasuunnittelu
Ohjaaja(t)	Esimies Raimo Sinkko (Yle / Tuotantoalustan hallinta) Studiomestari Jukka Laaksonen (Metropolia AMK)
<p>Tässä opinnäytetyössä on tutkittu häviöllisesti pakatun AAC –muotoisen audion käytön vaikutusta Yleisradion radiokanavien äänimaailmaan. Tämä kysymys on ajankohtainen, koska analogisesta äänestä ollaan luopumassa myös siirto- eli kontribuutioyhteyksissä. Nykyinen ohjelmansiirrossa käytetty LOS –yhteys on tulossa tiensä päähän ja sen käyttämät taajuudet ovat osaksi NATOn sotilaalliseen toimintaan käyttämiä taajuuksia. Koska televisiossa mennään korkean tarkkuuden kuvaan ja tilääneen, on ymmärrettävää että radiotoiminnassa ei haluttaisi pienentää äänen laatua. Tämä tulee kuitenkin väistämättä eteen, sillä verkkoteknologiat eivät vielä tue täyden resoluution äänen siirtoa kaikkialta Yleisradion toimialueelta. Tutkimus AAC –muotoisen äänen käytöstä on tehty kuuntelututkimuksena, jossa Yleisradion radiokanavien tekniset tuottajat antoivat oman palautteensa siitä, miltä kanavan ohjelma kuulostaa audion häviöllisen pakkauksen jälkeen. Tärkeimpänä tuloksena voidaan mainita, että puheen siirtoon tarkoitettulla AAC 64kbit/s mono –audiolla ei saavuteta riittävän hyvää äänimaailmaa. Tätä mieltä olivat lähes kaikki tekniset tuottajat, tosin moni huomioi sen toiseikan kommentteissaan, että joskus uutiskriteerit vaativat erilaista painotusta äänenlaadussa. Käytännössä siis viestin perillemeno on toisinaan laatukriteereitä madaltavaa. Musiikin siirtoon tarkoitettu AAC 256kbit/s 48Khz stereo –ääni taas sai kaikilta kiitosta, ja sitä voidaan käyttää hyväksi siirroissa ulkotuotantopaikkojen ja toimipisteiden välillä.</p> <p>Yleisradio on aloittanut projektin jonka tarkoituksena on tuoda häviöllisesti pakattu ääni käyttöön seuraavan sukupolven kontribuutiojärjestelmässä.</p>	
Avainsanat	AAC, MPEG4, Yleisradio, kontribuutio, häviöllinen pakkaus

Author(s)	Kari Mäenpää
Title	Using AAC Coded Audio and Its Effect on Listening Experience
Number of Pages	28 pages + 29 appendices
Date	25 March 2011
Degree	Bachelor of Art's
Degree Programme	Digital Media
Specialisation option	Digital Media Design
Instructor(s)	Raimo Sinkko, Manager (YLE Facilities) Jukka Laaksonen, Studio Manager for Radio and Television sound (Metropolia AMK)
<p>In this thesis, I investigate how using AAC audio is reflected on the listening experiences of Finnish Broadcasting Company's (YLE) public radio channels. This matter is current, owing to the aging analogue system YLE uses at the moment. The analogue system is called LOS; the abbreviation comes from the Finnish words for "Wireless Program Contribution". LOS uses partly the same frequencies as the North Atlantic Treaty Organisation (NATO) uses for military co-operation, thus making this frequency desired. At the same time television is using High Definition and Surround sound systems that demand more bandwidth, whereas the radio contribution goes to lower bitrate's by using AAC or other algorithms that compress audio for the optimal use of bandwidth. This is the principle reason why there are doubts whether the trend leads into a right direction. In this study YLE's technical producers revise the sound quality after compression and direct their observations to the questions posed in the early stages of this thesis. The results indicate that AAC 64kbit/s 48 KHz mono audio is not sufficient for contribution, when the program is conversational (i.e. speech). However, it is also agreed that when the news constitute the main focus, this audio is adequate for the contribution. When music is the target of contribution, usage of AAC 256 kbit/s 48 KHz stereo sound is widely acknowledged.</p> <p>YLE has started a project, where the goal is to implement these results to the next generation outside broadcast system for radio.</p>	
Keywords	AAC, MPEG4, Contribution, Audio Coding

Sisälllys

1	Johdanto.....	1
2	Käsitteet ja taustaa.....	2
2.1	Taustaa yleisesti.....	3
2.2	Tärkeimmät termit ja käsitteet sekä lähteet.....	6
2.2.1	Äänen häviöllinen pakkaus.....	6
2.2.2	Monikanavainen kompressointi ja tarkkailustandardit.....	8
2.3	Yleisradion radiokanavat.....	9
2.4	Lähetysketju studiolta vastaanottimeen.....	10
2.5	Tutkimustulosten hyväksikäyttö tulevaisuudessa.....	11
2.6	Laitevalmistajien omat ratkaisut.....	11
3	Tutkimusmenetelmät ja aineistot	13
3.1	Aineiston määrittäminen	15
3.2	Materiaalin äänitys ja ulosajo	17
4	Tutkimustulokset.....	19
4.1	Yle Radio 1.....	19
4.2	Radio Suomi	21
4.3	YleX	22
4.4	YlePuhe	23
4.5	Radio X3M.....	24
4.6	Radio Vega	25
5	Päätelmät	26
	Lähteet.....	28
	Haastattelut	28
	Liitteet.....	28

1 Johdanto

Tässä opinnäytteessä tutkitaan MPEG4 (ISO 14496)¹-standardin mukaisen audion käytön vaikutusta Yleisradion (YLE) eri radiokanavien äänimaailmaan eli taiteelliseen vaikutelmaan. Tutkimus on ajankohtainen, koska Yleisradiossa harkitaan siirtymistä analogisista keruuyhteyksistä digitaalisiin, joissa audio on häviöllisesti pakattu. Tavoitteena on, että ääni kulkee koko matkan haastateltavan suusta toimittajan mikrofonin kautta jonkin digitaalisen yhteyden, satelliitin tai matkapuhelinverkon, lävitse vastaanottavan radioaseman vastaanottimen ohjaamana studion äänipöydän kontrolloimana lähetysketjuun, jossa se muuntuu analogiseksi radioaaloksi vasta lähetinmastoissa ympäri maata. Tämä ehkä vaikeasti avautuva lause pitää sisällään tarpeen, joka on akuutti.

Tässä opinnäytetyössä pyritään ilman ennakkoasenteita arvioimaan tilannetta, johon tulevaisuuden muutokset johtavat. Radio- ja televisioyhtiöissä varsinkin ääni on usein kiistelyn kohteena, sillä on olemassa kahdenlaista lähestymistapaa asioihin. Toisaalla ovat ne, jotka haluavat äänenlaatua korostaen toteuttaa lähetyksiä, toisaalla ne, jotka pitävät viestin perille menoa tärkeimpänä kriteerinä. Myös uudet television korkean resoluution ja monikanavaisten tiläänien tekniikat ovat omalta osaltaan vaikeuttamassa henkistä siirtymistä radiotoiminnassa kaistaltaan pienempään ääneen kuin ennen. Käytännössä nykyistä analogista siirtotietä vastaavan äänen kilobiteissä mitattu määrä on 1536 kbit/s^2 , kun häviöllisesti pakattuna se voi olla jopa alle 64 kbit/s . Kuvan ja äänen yhteiskäytössä eli televisiossa siirretyn tiedon määrä sekunnissa siis kasvaa, kun tämä uudistus lähtökohtaisesti taas pienentää radio-ohjelman painoa, jos sitä mitataan kilobiteissä.

Vastakkainasettelua kärjistää nykymallinen toiminta, jossa toimittajat itse vastaavat lähetyksen teknisestä toteutuksesta yhä useammin. Tällöin äänitarkkailijoiden vastuulle jää paremman laadun tekeminen ja siitä halutaan pitää kiinni. On hyvin yleistä, etteivät toimittajat kiinnitä suurempaa huomiota äänen laatuun, niin kauan kun oma ohjelma

¹ International Organization for Standardization, JTC 1/SC 29

² Stereo 16bit 48kHz

tai raportti kuuluu ja on ymmärrettävä. Hyvin harva toimittajan työtä tekevä on niin kutsuttu "Kultakorva", kun taas työkseen ääntä tarkkailevat henkilöt erottavat paremmin juuri häviöllisen pakkauksen tekemiä muutoksia alkuperäiseen äänimateriaaliin. Audion monikaistaisen kompressoinnin voidaan olettaa vaikuttavan eri tavalla, kun audio on ensin keruussa tallennettu tai tehty suorana häviöllisellä äänenpakkaus menetelmällä. Tämä opinnäyte sisältää teososan, johon on koottu testauksessa käytettyä materiaalia sekä alkuperäisessä muodossaan että häviöllisesti pakattuna.

Kun nämä alkuasetelmat otetaan huomioon, on kyse selkeästi kompromissien teosta suhteessa haluttuun lopputulokseen. Tämä tosiseikka antaa myös hyvän kehysten siitä miten tutkimus kannattaa toteuttaa. Ei ole järkevää ottaa mukaan liikaa muuttujia, kuten tilannetta jossa kuunnellaan tai laitetta jonka kautta radiota kuunnellaan. Tämän johdosta tutkimuksessa kannattaa pitää selkeä ja yksinkertainen linja; tutkimus pitää pystyä toistamaan ja sen pitää olla mitattavissa uudestaan samoin ehdoin.

Aihe nivoutuu omaan työhöni hyvin, sillä toimin Yleisradiossa projektipäällikkönä hankkeessa, jonka tarkoituksena on saattaa muutos analogisista keruuyhteyksistä digitaalisiin. Kyse on niin kutsutun LOS -järjestelmän korvaamisesta uudella digitaalisella järjestelmällä, jonka yksi osa-alue ovat ääntä reaaliajassa pakkaavat ja purkavat laitteet eli audiodekooderit. Koska uudessa järjestelmässä kyse on bittimääristä eli paljonko pitää saada siirrettyä sekunnissa, jotta ääni on tarpeeksi hyvää, tarvitaan vertailua eri tapojen välillä. Lisäksi toimin asiantuntijana erilaisissa internet-tapoja hyödyntävissä ohjelma- ja infrastruktuurihankkeissa, sekä esimerkiksi satelliittitekniikkaan perustuvissa ohjelmansiirtohankkeissa.

2 Käsitteet ja taustaa

Tutkimuksen päätavoite on saada Yleisradion eri radiokanavien kuunneltavuus "normaalitilaan", vaikka audion keruu tehtäisiinkin uudella tavalla. Tutkimuksen tavoite on siis antaa eri radiokanavien teknisille tuottajille tietoa mahdollisista vaikutuksista erilaisten ohjelmatyyppien yhteydessä. Toivottavaa olisi, ettei kuuntelija huomaa tekniikan vaihtoa lainkaan. Tämä tutkimus ei tule antamaan ohjeita, miten

päätekompressioita pitää muuttaa, sillä laitteiden asetuksista pitävät huolen eri kanavien tekniset tuottajat. Tämän johdosta kompressiota käsitellään olemassa olevana asiana, eikä sen teoriaa tutkita tässä yhteydessä tarkemmin. Sama koskee myös äänen häviöllistä pakkaamista esimerkiksi AAC³-algoritmien avulla. Näiden rajausten lisäksi tässä tutkimuksessa viitataan ainoastaan Yleisradion radiokanaviin⁴ lähetyškielen ollessa suomi tai ruotsi.

Tutkimuksen tavoitteena on saada vastaus seuraavaan tutkimuskysymykseen:

1. Miten häviöllisesti pakatun audion käyttö keruuyhteydessä vaikuttaa radiokanavien äänimaailmaan?
2. Säilyykö Yleisradion radiokanavien "taiteellinen vaikutelma" samana muutoksen jälkeen?

2.1 Taustaa yleisesti

European Broadcasting Union (EBU), joka on aktiivinen toimija broadcaster-maailmassa, ei ole antanut mitään suoraa ohjetta siitä, miten ääni tulisi koodata siirtoyhteyksissä. Ebu:n oma Euroradio-palvelu esimerkiksi käyttää yleensä ISDN⁵ -yhteyksiä, jolloin äänenlaatu jää usein heikohkoksi. Ebu:n uusi, kehitteillä oleva, Euroradio-satelliittijärjestelmä tulee käyttämään "apt-X"⁶ -audiopakkausta, joka on yksi hyväksytyistä ja käytetyistä sovelluskohtaisista äänen pakkausmuodoista. Ebuilla on 75 varsinaista jäsentä ja 35 kumppania sekä kymmenkunta hyväksytyä toimintaan osallistuvaa broadcaster-yhtiötä. Näiden yhtiöiden kesken siirretään käytännössä ohjelmaa kaikkialta maailmassa, niin televisiossa kuin radiossakin. Tämä koskee esimerkiksi suuria tapahtumia kuten olympialaiset tai jalkapallon MM-kisat; niissä EBU siirtää signaalin eri tavoin jäseniensä käyttöön.

³ Advanced Audio Coding

⁴ Pääjakelu tapahtuu FM:n kautta, mutta osa Internet-jakelusta toistetaan päätekompressoinnin jälkeen

⁵ Integrated Services Digital Network; piiriyhteyksinen digitaalinen puhelinverkko

⁶ apt-X perustuu ADPCM - standardiin ja psykoakustiseen naamiointitekniikkaan

1980-luvun lopulla käyttöön tullut ISDN on edelleen yksi suurimpia siirtoreittejä. Se on alusta alkaen ollut hankala, koska sen kehitystä ei alusta lähtien valvottu ja yhdenmukaistettu. Yhdistyneiden Kansakuntien ITU –standardisointijärjestön (ITU-T) toiminnasta huolimatta eri yhteydenmuodostuksen protokollat ja maiden omat standardit ovat aiheuttaneet useasti ongelmatilanteita ohjelmansiirrossa. On edelleen yleistä, etteivät eri valmistajien laitteet keskustele keskenään ilman asetusten säätöä. Nykyisin puhelynyhtiöt pyrkivät aktiivisesti lopettamaan ISDN-palvelut, koska IP-yhteyksiä alkaa olla saatavilla kaikkialle. Tämän johdosta EBU kehittää ECN/ACIP⁷ -työryhmällä standardeja, joilla eri valmistajien ääntä koodaavat laitteet toimivat keskenään hallitusti ja vakaasti. Ruotsin Radion⁸ kehitysosaston johtajan, Lars Jonssonin, isännöimä N/ACIP-toiminta tähtää myös järkevien siirtoverkkojen rakentamiseen sekä jonkinasteisiin suosituksiin siitä, minkälaista ja millä tavalla sekä mihin bittinopeuteen pakattua ääntä voidaan käyttää eri tilanteissa.

Audio Engineering Society (AES), joka on äänentoistotekniikkaan keskittyvä kansainvälinen ammatillinen järjestö, on tutkinut monikaistaisen päätekompression ja häviöllisesti pakatun äänen keskinäisiä vaikutussuhteita, mutta se ei ole antanut mitään selkeää suositusta, miten toimia. On todennäköistä, että aihetta ei ole tutkittu laajasti, koska se ei ole täysin määriteltävissä teknisissä määrityksissä. Tämä tosiseikka johtuu siitä, että radiokanavan äänimaailma, se jonka loppukäyttäjä kokee ja kuulee, on taiteellinen vaikutelma siitä, miltä kanava haluaa kuulostaa. Taiteellisen vaikutelman lisäksi oman muuttujansa eri kanavien kohdalla luovat monikaistaiset päätekompressorit, jotka ovat eri valmistajien laitteita ja sitä kautta eri tavalla toimivia. Edellämämainitun lisäksi, paikka ja tila vaikuttavat lopputulokseen. Lisäksi samoilla asetuksilla päätekompressoitua ohjelmaa pitää pystyä kuuntelemaan autossa ja kotona.

Audion kompressointi ilmenee parhaiten siten, että radiokanavaa kuunneltaessa sen äänen voimakkuus säilyy samalla tasolla koko ajan, vaikka todellisuudessa eri äänilähteet ovat eri tasoilla silloin, kun niitä ajetaan studion miksauspöytään ja siitä ulos kuuntelijan korviin. Esimerkkinä mainittakoon YleX-radiokanava, jossa audion kompressointi on tiukkaa, toisin sanoen suurehkokin äänen voimakkuuden muutos

⁷ Encoding/Audio Contribution over Internet Protocol

⁸ Sveriges Radio Ab

vaikuttaa vähemmän. Toisaalla taas voidaan ottaa esimerkiksi Yle Radio 1, jossa kompressointi toimii lähinnä rajoittimena eli estää liian suuren äänenvoimakkuuden lähetyksessä. Audion kompressoinnilla pyritään tasaiseen äänimaailmaan ja myös siihen että kanavan äänimaailma, soundi, olisi tunnistettava vaikka kuuntelija ei kuulisikaan heti kanavatunnusta. Audion kompressointia voisi kuvailla taiteeksi, jossa jokainen on oman tyyლისensä, ja ainakin tekijänsä mielestä, radiokanavalle sopivin.

Audioon kompressointiin suhtaudutaan kahdella tavalla. Se on vakuutus kanavan tekniselle tuottajalle siitä, että äänen tarkkailua ei tarvitse tehdä erikseen. Näin toimien se mahdollistaa itseajon eli sen, että toimittaja tarkkailee ääntä samalla, kun hän tekee lähetystä. Toisaalta kompressoinnilla ei ole suurtakaan merkitystä tavalliselle kuuntelijalle, tai ainakaan Matti ja Maija Meikäläinen eivät huomaa sitä ennenkuin kompressointi puuttuu.

Audion päätekompressointi syntyi ilmiönä Suomessa 1985, kun eduskunta päätti, ettei Oy Yleisradio Ab ole monopoliasemassa radiotoiminnassa. Tällöin nousi esiin paikallisradioita ympäri maata. Niiden lähetysteho oli kuitenkin heikompi kuin Yleisradion ja ne kuulostivat siksi hiljaisilta. Avuksi otettiin audion kompressointi, jolloin äänen dynaamiset vaihtelut eivät vaikuta niin paljoa radiovastaanottimissa kuuntelijan kotona. Tämän jälkeen Yleisradiossakin oli pakko aloittaa kompressoinnin käyttö, koska lähetystehostaan huolimatta Ylen kanavat kuuluivat hiljempaa kuin uudet paikallisradiot.

Äänen kompressointia esiintyy siis kaikilla radioasemilla. Sitä käytetään tasaamaan äänen dynamiikan vaihteluita. Kompressointia voidaan tarkastella radiokanavien äänimaailman kannalta, varsinkin äänen häviöllisen pakkauksen vaikutuksesta siihen miltä yksittäinen radiokanava kuulostaa, kun keruutapa muuttuu. Todellisuudessa Yleisradiossa on jo nyt käytössä häviöllinen äänen tiedostomuotoinen pakkaus. Radioman-järjestelmän⁹ Quick Edit Pro-editorissa (QEP) käytetään MPEG2 layer 1¹⁰ –muotoista, näytteenottotaajuudeltaan 48kHz ja 384kbit/s dataa sisältävää ääntä. Tämä muoto on niin sanotusti läpinäkyvä, se kuulostaa samalle kuin aito, alkuperäinenkin

⁹ Yleisradion radiokanavien äänituotantojärjestelmä

¹⁰ Aiempi standardisoitu äänen häviöllinen pakkausmenetelmä, ISO-13818.

ääni. Nykyisten audion kompressoitiasetusten kanssa eri radiokanavilla saadaan siis tarpeeksi hyvä taiteellinen vaikutelma myös häviöllistä äänen pakkausta käyttäen.

2.2 Tärkeimmät termit ja käsitteet sekä lähteet

Tässä luvussa esitellään tähän työhön liittyvät tärkeimmät termit ja käsitteet, kuten äänen häviöllinen pakkaus sekä monikanavainen kompressointi. Koska lähdemateriaalia tähän tutkimukseen on vaikea saada, käytetään lähteenä suuressa määrin Yleisradio Oy:n henkilökuntaa, jotka ovat työkseen tekemisissä tutkimukseen liittyvien aiheiden kanssa. Työkokemukseni perusteella voin käyttää myös omaa osaamistani monien asioiden selvitykseen ja mallintamiseen. Tämä tukee myös opinnäytteen kriteerejä, se on samalla osoitus omasta ammattitaidostani tällä alalla.

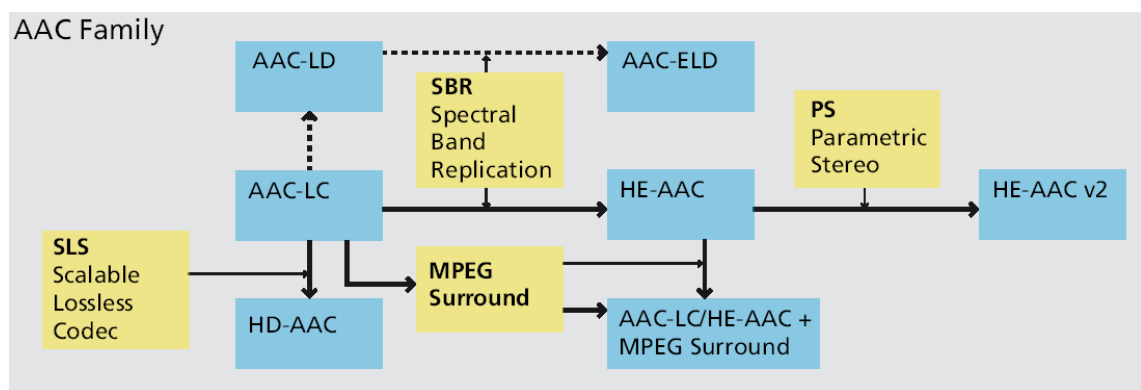
2.2.1 Äänen häviöllinen pakkaus

Äänenpakkaamisen tavoitteena on pakata digitaalinen äänisignaali käyttötarkoitukseen sopivaan pienimpään mahdolliseen tilaan. Tähän tavoitteeseen pyritään poistamalla äänisignaalista tarpeeton ja toistuva data. Käyttökohteesta ja tarpeesta riippuen ääntä voidaan pakata joko häviöttömästi tai häviöllisesti. Häviöllisessä pakkauksessa äänisignaalista poistetaan peruuttamattomasti dataa, jota siihen ei pystytä enää millään tavoin palauttamaan. Tällä tavoin saadaan parannettua pakkaussuhdetta huomattavasti, mutta pakatun signaalin laatu heikkenee. Tämän lisäksi voidaan käyttää erilaisia psykoakustisia peittomenetelmiä, joissa esimerkiksi niitä äänen osia, joita korva ei pysty erottamaan poistetaan materiaalista, jotta kuuluville osille saadaan lisää tilaa.

Käytännössä on kaksi tapaa tehdä häviöllistä äänenpakkaamista. Se voidaan toteuttaa pakatessa (encoding) joko ohjelmistolla tai laitteistolla (software – hardware). Purku (decoding) tehdään kuitenkin aina siihen tarkoitettulla laitteistolla, vaikka laitteistossakin purkua tekee ohjelmisto. Ohjelmiston ja laitteiston ero on pieni, yleensä ohjelmistopohjaiset äänenpakkausta tekevät ohjelmat ovat Microsoftin XP - käyttöjärjestelmässä toimivia kun taas laitteissa toimii UNIX-käyttöjärjestelmä. Todellisuudessa äänenlaadulla ei ole eroa näiden kahden välillä, käytäntö on tullut

käyttöjärjestelmien vakauden eroista. Pakkaus- ja purkutarkoitukseen erikseen tehty laitteisto toimii vakaammin, koska se on olemassa vain tarkoitustaan varten.

Johtuen eri laitevalmistajien erilaisista painotuksista ja haluista tehdä yhteensopivia laitteita, on nykypäivänä yksi äänen häviöllinen pakkausalgoritmi, joka löytyy lähes kaikista laitteista. Tämä AAC - pakkausmenetelmä perustuu MPEG4 (ISO 14496)-standardiin. Niiden käyttöä edistää muun muassa EBU N/ACIP –työryhmän kautta. MPEG4 AAC LC¹¹, jonka EBU hyväksyy lähetystoiminnassa, ei ole kuitenkaan pakollinen standardi, vaan se kuuluu vielä suositeltaviin. Sen lisäksi pitää sopia verkon siirto- ja signalointiprotokollista ennen kuin täysin yhteensopivia järjestelmiä voidaan tehdä.



Kuvio 1. AAC Algoritmit.

Kuviossa 1 on esitetty, miten AAC LC on perusta, josta muut samaan ryhmään kuuluvat algoritmit on kehitetty (Fraunhofer IIS. AAC Software 2008).

Koko Ebu N/ACIP-työryhmän suositus ei myöskään ole pakollinen standardi, mutta sitä käytetään viitteenä monessa yleisradioyhtiössä (EBU. Audio Contribution over IP; Requirements for Interoperability 2008). Koska pakollista standardia ei ole, on valmistajien omien verkkoprotokollien ja audiopakkausten kirjo vielä suurta, eikä niissä ole laitevalmistajien kesken minkäänlaisia yhteensopivuustakeita. Suositusten lisäksi esimerkiksi eräiden laitevalmistajien oma protokolla ja pakkausalgoritmi ovat osoittautuneet Ylen pilotoinneissa varsinkin mobiiliverkoissa toimiviksi kokonaisuuksiksi.

¹¹ AAC Low Complexity, algoritmin yksinkertaisin vaativuusluokka

Tämän johdosta Comrex-laitteen BRIC-protokolla¹² ja HQ – audion pakkausalgoritmi ovat mukana tässä tutkimuksessa.

2.2.2 Monikanavainen kompressointi ja tarkkailustandardit

Kompressointi tarkoittaa äänisignaalin dynamiikan pienentämistä kompressorin avulla. Monilla radioasemilla kompressoria käytetään lähetettävän signaalin prosessoimiseen. Tärkeä prosessoinnin teknis-taiteellinen tavoite on saada lähetysoimakkuus hetkestä toiseen niin tasaiseksi, että radiota voidaan ponnistelematta kuunnella myös akustisesti epäedullisissa, meluisissa olosuhteissa, kuten autossa tai toimistossa.

Yksinkertaistettuna kompressointi on automaattista äänenvoimakkuuden tarkkailua. Määrätyn kynnyksen ylittävät voimakkaat äänet hiljennetään, kun taas hiljaiset äänet jätetään käsittelemättä. Radiotoiminnassa käytetään kuitenkin myös kompressiota toisin päin eli nostetaan niiden äänien voimakkuutta, jotka jäävät määrätyn tason alle ja hiljennetään niitä, jotka ylittävät määrätyn kynnyksen.

Kompressiota tehdään myös monikaistaisena eli eri taajuusalueita kompressoidaan eri tavoin. Tämä on normaalitapa, kun puhutaan FM- tai AM-radioista. Yleisradiossa tehdään monikaistainen kompressio poikkeuksetta siihen tarkoitukseen tehdyillä laitteistoilla. Laitteistot voivat myös olla siten ohjattuja, että ne vaihtelevat monikaistaisen kompression määrityksiä riippuen ohjelmatyypistä tai vuorokauden ajasta. Tämän tarkoituksena on saada aikaan ”äänimaisema”, jossa hiljaiset äänet kuuluvat yli taustamelun. Yleensä kuuntelutilanteessa on myös ympäristömelua kuten esimerkiksi autoissa taustamelua moottorista tai renkaista.

Tarkkailustandardeina Yleisradiossa pidetään sitä, että puheen voimakkuus on +0dB, musiikin jäädessä -6dB:n. Käytännössä jokaisessa ohjelmaa tekevässä yksikössä on mittalaitteisto, josta näitä arvoja voidaan monitoroida. Nämä mittalaitteet ovat kalibroituja ja niiden voidaan olettaa aina osoittavan oikean äänen voimakkuuden. Siirtoyhteyksissä äänen voimakkuus on vakiona -18dB:n tasossa.

¹² Broadcast Reliable Internet Coding

2.3 Yleisradion radiokanavat

Ylen ja FSR:n¹³ radiokanavat voidaan jakaa erilaisiin ryhmiin monellakin tavalla, esimerkiksi kielen tai alueen mukaan. Kaikkiaan eri kanavia on lähes 60, jos kaikki toistotavat lasketaan mukaan. Jokaisen eri kanavan mittaaminen ei kuitenkaan ole tarpeen, sillä Radio Suomen alueellisten lähetysten eli eri Maakuntaradioiden taajuus on samalla tavoin kompressoitua, oli lähettävä asema sitten maakunnallinen tai valtakunnallinen. Yleisradio ostaa tämän toiminnon palveluna Digita Oy:ltä, jonka radioasemilla sijaitsevat Radio Suomen kanavakompressorit. Tämä vaikutus kertautuu myös näiden kanavien internet-jakeluun, sillä se tehdään kanavakompression jälkeisestä materiaalista. Sama koskee myös ulkomaanjakelua eli YLESAT1 toistaa Radio Peilin ohjelmaa ja YLESAT2 koottua ohjelmaa. Näitä järjestelmiä ollaan myös muuttamassa lähitulevaisuudessa ja siksi niitä ei kannata ottaa mukaan tähän tutkimukseen. Tässä tutkimuksessa mukana olevien kanavien lista on seuraava:

1. YLE Radio1
2. Radio Suomi
3. YleX
4. Yle Puhe
5. Radio X3M
6. Radio Vega

Tutkimus siis keskittyy varsinaisiin radiokanaviin. Satelliittipalveluissa sekä kaapeli-tv:n jakelussa on liian monia muuttujia, jotta niitä voitaisiin erikseen mitata ja tutkia. Tämän johdosta ne jätetään tässä yhteydessä ulkopuolelle. Mikäli niiden lähdemateriaalin, varsinaisen radiokanavan, kompressio saadaan sopivaksi ja sitä kautta taiteellinen vaikutelma hyväksi, on luultavaa, että nämäkin jakelut kuulostavat sellaiselta kuin kanavan tekninen tuottaja niiden haluaa kuulostavan.

¹³ Finlands Svenska Radio, Yleisradion ruotsinkielinen toiminta eli SvenskaYLE

2.4 Lähetyksetju studiolta vastaanottimeen

Lähetyksetju Yleisradion Pasilan toimitiloissa sijaitsevasta studiosta on kuvattu kuviossa 2. Lyhyesti esitettynä studiosta lähtevä ääni kulkee AES/EBU-muodossa¹⁴ NTP-matriisiin, jossa se muunnetaan TDM¹⁵-muotoon ja siirretään optisella kuidulla eri käyttötarkoitukseen eri paikkoihin.



Kuvio 2. Lähetyksetju Yleisradio Pasila. (kuva salattu)

Käytännössä Yleisradiolla on neljä niin kutsuttua alipäätettä, jonne ääni voidaan toimittaa. Yksi näistä on lähetystie Digita Oy:lle, joka johtaa monikanavaisen kanavakohtaisen kompressoinnin jälkeen radiovastaanottiin. Yleisradion osalta äänen hallinta päättyy, kun ohjelma luovutetaan Digitan Verkonhallintaan. Yhtä kolmesta jäljelle jäävästä tiestä käytetään Digitan yhteyden varmennukseen ja se kulkee niin kutsutun EMP-suojan¹⁶ kautta. EMP:ia vastaan suojaudutaan Faradayn häkillä ja erityissuodattimilla niiden johtimien osalta, jotka kulkevat suojan seinän läpi. Kaapeleita pitkin johtuvalta pulssilta voidaan suojautua myös käyttämällä

¹⁴ AES3 IEC 60958; Stereo 16bit 48KHz, 1536kBit/s

¹⁵ Time Division Multiplexing eli useiden datavirtojen lähettämiseen saman yhteyspolun läpi käytettävä menetelmä

¹⁶ Electromagnetic Pulse, Sähkömagneettinen pulssi.

kuparikaapelin sijaan valokuitua. Tämä Faradayn häkiksi kutsuttu tila estää sähkömagneettisen pulssin vaikutusta elektroniikkaan, jota nykypäivänä käytetään ohjelmansiirrossa (Kosola & Solante 2003, 418-429). Käytäntö liittyy osaltaan varmuusmääräyksiin, joita Yleisradion toiminnasta on annettu. Kahta viimeistä ketjua käytetään ohjelmalähteen muuntamiseksi internet-jakelun vaatimaan muotoon. Lähetysketjuun on odotettavissa muutoksia lähivuosina, mutta ne eivät suoranaisesti vaikuta äänen laatuun tai kulkureitteihin. Muutoksia tehdään lähinnä television korkearesoluutiolähetyksiä varten.

2.5 Tutkimustulosten hyväksikäyttö tulevaisuudessa

Tämä tutkimus tehdään osana suurempaa kokonaisuutta, Yleisradion sisäisen M³DAUT-projektin¹⁷ yhteydessä. Sen tuloksia voidaan käyttää – mikäli tulosten perusteella on tarvetta – hyväksi jatkotyössä. Toisaalta ainakin lähetysketjujen osalta pitää pyrkiä jonkinasteiseen tiedon salassapitoon, eli tätä tutkimusta ei kokonaisuutena voida tehdä julkiseksi. Hyväksikäyttö tulee olemaan todennäköisesti yhtiön sisäistä sekä yhteispohjoismaista, sillä YLE on mukana ”Nordic Audio-over-IP” -yhteistyössä muiden Skandinaavisten yleisradioyhtiöiden kanssa. Myös Ruotsin, Norjan ja Tanskan yleisradioyhtiöillä on samankaltaisia aikomuksia siirtyä häviöllisesti pakatun äänen käyttöön keruuyhteyksissä lähitulevaisuudessa.

2.6 Laittevalmistajien omat ratkaisut

Johtuen siitä tosiseikasta, että Audio-over-IP -laitteet joutuvat toimimaan hyvin erilaisissa verkkoyhteyksissä, aina kuituoptiikasta langattomiin kuluttajaverkkoihin, on osaan laitteista tehty valmistajien toimesta audiokoodauksia tai verkkoprotokollia. Näiden ratkaisujen tarkoituksena on saada vakaa ja käyttökelpoinen audioyhteys riippumatta verkko-ominaisuuksista. Käytännössä tämä tarkoittaa jonkin asteista virheenkorjausta tai pakettien uudelleen lähetystä niiden hävitessä.

¹⁷ **M**obiili, **M**uokattava ja **M**ukautuva **D**igitaalinen **A**lusta **U**lko**T**uotantoihin

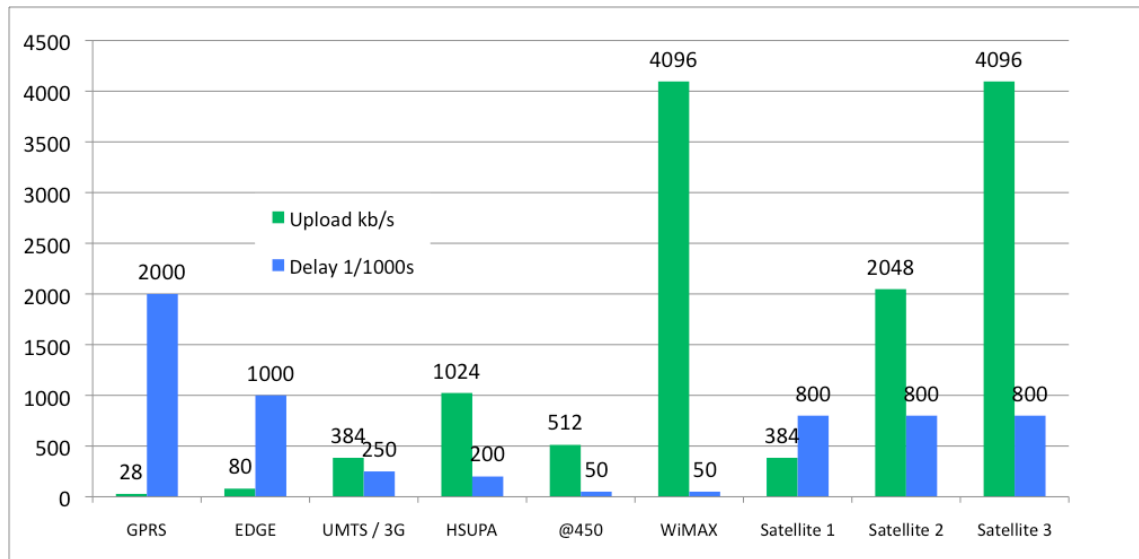
Yleisradion toimesta on tehty testausta ja pilotointia pidemmän aikaa erilaisten siirto- ja koodausvaihtoehtojen kanssa. Näiden tutkimusten johdosta voidaan nähdä selkeä etu niin kutsutuissa "proprietary coding"¹⁸ - ratkaisuisa, sillä ne minimoivat langattomien, kaupallisten, internet-käyttöön tarkoitettujen siirtoverkkojen ongelmat.

Tämän johdosta AAC-äänien rinnalla tai sitä tukien tultaneen jatkossa käyttämään jotain toista ratkaisua, joka sallii hieman pakettihäviöitä tai verkkoviiveitä reaaliaikaisessa siirrossa. Esimerkkinä voidaan mainita Prody's-laitteiden käyttämä IPV5-protokolla tai Comrex-laitteiden BRIC-protokolla. Yhdistämällä näitä protokollia ja AAC-audiota saadaan vakaa ja mahdollisimman hyvä hyötysuhteinen siirtotapahtuma reaaliaikaiselle audiolle. Luonnollisesti vielä askelta parempi suhde saadaan käyttämällä AAC-standardista poikkeavaa audiota, esimerkiksi Comrex-laitteiden tapauksessa HQ1-ääntä, joka BRIC-protokollan kanssa luo noin 15Khz äänikaistan monona 50kbit/s siirtonopeudella. Vastaava AAC-pohjainen äänikaista saataisiin aikaan normaalilla RTP-siirrolla ja FEC-toiminnolla noin 92kbit/s siirtonopeudella. Käytännössä tämä merkitsee, ettei kaikkein huonoimmassa yhteyksissä voitaisi tehdä reaaliaikaista siirtoa, koska se ei mahdu tarjolla olevaan kaistaan. (Columbia University. RFC2733 ; An RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction 1999). Ebu:n yleisradioyhtiöille ja laitevalmistajille tarkoitettussa "ENC-ACIP"¹⁹ keskustelufoorumissa on tuotu esiin FEC -virheenkorjauksen ongelmia ja haettu tilalle toimivampaa ratkaisua. Käytännössä työ on edelleen kesken.

Kuviossa 3 on esitetty Oy Yleisradio AB:n käytössä olevat verkkoratkaisut tällä hetkellä. Jotta ohjelmansiirto internet-verkkojen välityksellä onnistuu, tulee valitun koodauksen tai protokollan toimia huonoimmasta vaihtoehdosta parhaimpaan. Käytännössä kaikkia, lukuun ottamatta GPRS:ää, voidaan käyttää ohjelmansiirtoon, mikäli valmistajakohtainen protokolla tai koodaus otetaan avuksi.

¹⁸ Proprietary = yhden valmistajan oma ratkaisu

¹⁹ tech.ebu.ch/groups/nacip



Kuvio 3. Käytettävissä olevat verkkoratkaisut.

Tähän mennessä Yleisradio omien tutkimusten ja pilotointien valossa näyttää selvälle, että musiikin ja puheen siirrossa käytetään eri audiokoodausta. Tämä siksi, että puhe on uutistoimintaa, jossa viestin perille meno mahdollisimman pienellä viiveellä katsotaan tärkeämmäksi kuin äänenlaatu. Musiikin siirroissa taas viive ei ole ongelma, joten audiokoodaus saa viedä aikaa ja sitä siirretään suuremmalla kaistalla.

3 Tutkimusmenetelmät ja aineistot

Tutkimus alkuperäisen ja käsitellyn äänen eroista radio-ohejmissa on vaikeaa, sillä todellisuudessa ääni ei ole kovinkaan standardisoitua. Tässä yhteydessä tarkoitan lähtötilannetta, siis sitä kun toimittaja aloittaa suoran juttunsa maailmalta lähetykseen. Äänimaisema ohjelman ulkotuotantopaikalla on usein kontrolloimaton, vaikka standardisointia voidaan tehdä studioissa ja myös kompressoineilla ennen lähetystä kuuntelijalle. Kirjassa *Design and Analysis of Experiments* Douglas C. Montgomery antaa yksinkertaisen ohjeen siitä, miten tämän kaltaisen tutkimuksen voi suunnitella:

1. Recognition of and statement of the problem
2. Selection of the response variable
3. Choice of factors, levels and range
4. Choice of experimental design

5. Performing the experiment
6. Statistical analysis of the data
7. Conclusions and recommendations

(Montgomery 2009, 5-7).

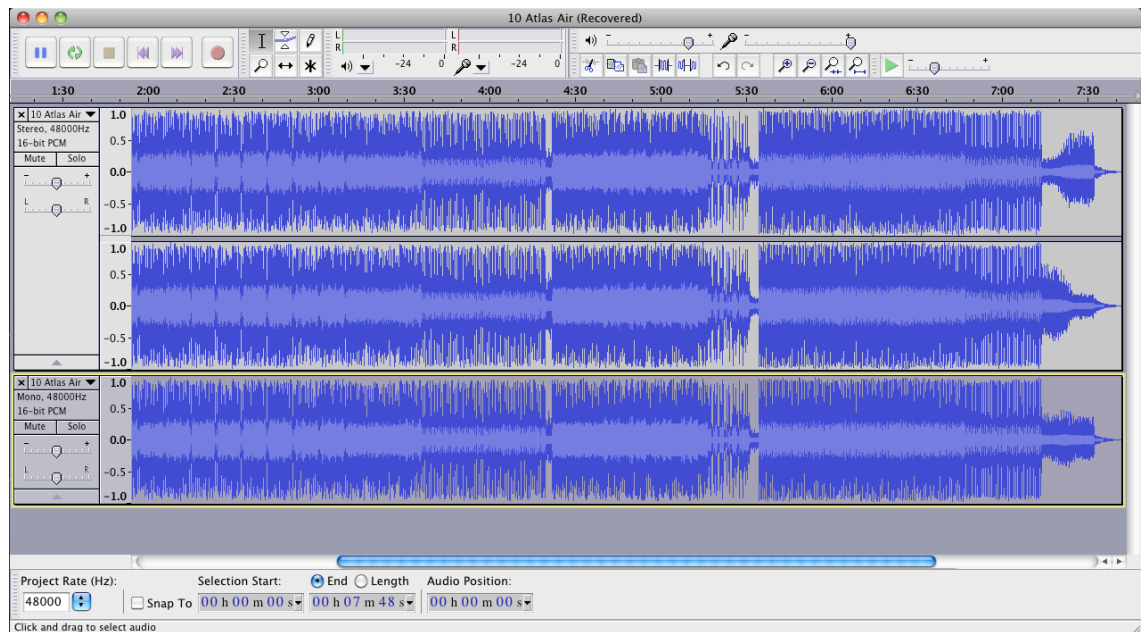
Montgomeryn teos on käytössä esimerkiksi Teknillisen Korkeakoulun kurssikirjana, joten sen voidaan katsoa olevan pätevä teos tutkimusmenetelmän lähdemateriaaliksi. Näitä ohjeita soveltaen tämän tutkimuksen suunnittelulähtökohdat olisivat seuraavat:

1. Tutkimuskysymyksen hahmotus: Vaikuttaako audion häviöllinen pakkaus Ylen radiokanavien äänimaailmaan ja säilyykö "taiteellinen vaikutelma" samanlaisena muutoksen jälkeen?
2. Kyllä ja Ei / Mittaustulos +-
3. Kuuletko eron? / Onko ero mitattavissa?
4. Vertailupisteiden kautta toteutettu kuuntelu
5. Testin toteutus
6. Tulosten analysointi
7. Päätelmät ja ehdotukset

Kuten edellä mainitussa kirjassakin todetaan, käytännössä kohdat kaksi ja kolme voivat olla toisessa järjestyksessä. Koska jonkinasteinen mittaustulos olisi hyvä saada arvioinnin pohjaksi, ei pelkästään kuuntelijan omakohtainen arvio, pitää tutkimuksessa käytetyn äänimateriaalin olla vakioitavissa.

Käytännössä tutkimuksen materiaali äänitetään Radion Kytcentäkeskuksessa suoraan jokaisen radiokanavan lähettävän studion matriisiulostulosta. Kun ensimmäinen äänitys tehdään DAT-nauhalle, voidaan sen avulla soittaa materiaali häviöllisTekemällä näin voidaan häviöllisesti pakattu ääni ottaa talteen suoraan laitteen tä pakkausta varten audiokooderin läpi. Tässä yhteydessä käytetään niin kutsuttua "loop back" – toimintoa eli audiota virtautetaan nykyisessä IPV4:ssä 127.0.0.1 – osoitteeseen Tekaudioulostulosta, joka on "local host" eli kone itse. Uudessa IPV6:ssa osoite on ":::1" (The Internet Society, RFC 3513 ; Internet Protocol Version 6 (IPv6) Addressing

Architecture 2003). Tekemällä näin voidaan häviöllisesti pakattu ääni ottaa talteen suoraan laitteen audioulostulosta ilman varsinaista verkkosiirtoa ja sen tuomia mahdollisia pakettihäviötä tai muita yhteysongelmia. Tämä prosessi toistetaan kaikilla halutuilla häviöllisen pakkauksen algoritmeilla ja tämän jälkeen materiaalit voidaan laittaa samaan aikajanaan esimerkiksi ProTools- tai Audacity- editoreihin.



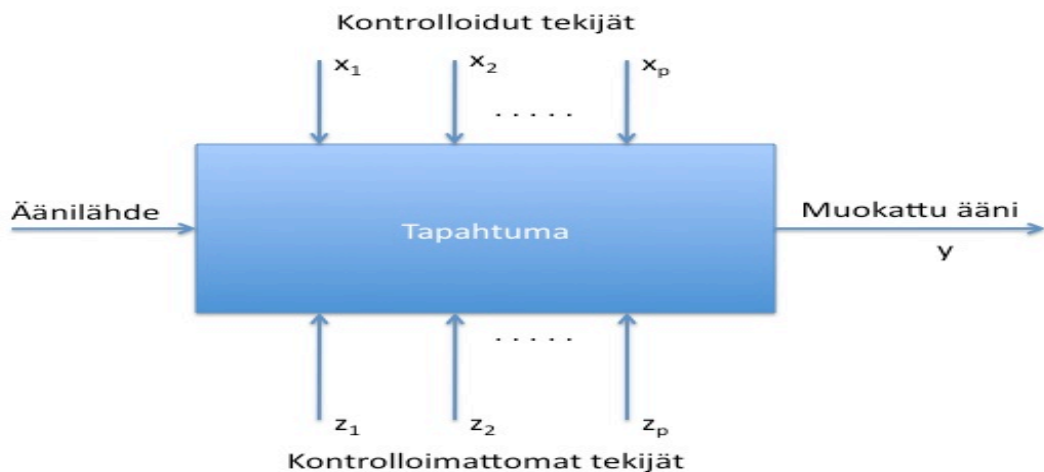
Kuvio 4. Kuvankaappaus Audacity äänieditorista.

Kuvion 4 osoittamalla tavalla voidaan tehdä lopullinen materiaali yhdeksi käyttäen puheessa omaa pakkausta ja musiikissa omaa pakkausta. Tämä lopullinen raita soitetään koko lähetyksetjun läpi, ja sen perusteella tehdään arvioinnit häviöllisen pakkauksen vaikutuksesta eri radiokanavien äänimaailmaan.

3.1 Aineiston määrittäminen

Aineistona käytetään ennalta määritettyä materiaalia, jota toistetaan audioketjun läpi eri tavoin häviöllisesti pakattuna sekä pakkaamattomana. Häviöllisesti pakatun äänen tiedetään vaikuttavan eri tavalla puhuttuihin kieliin, jopa omassa maassamme suomen ja ruotsin kielten välillä on eroja niiden puhumistavasta ja henkilöstä johtuen.

Montgomery esittää kirjassaan *Design and Analysis of Experiments* myös mallin siitä miten koetilanne (ja myös todellinen tilanne) muodostuu. Se on tässä tapauksessa äänen ja kontrolloitujen (x) sekä kontrolloimattomien (z) tekijöiden summa (y). Tärkeää on Montgomeryn mukaan määrittää, mikä x vaikuttaa eniten y :hyn, sekä mihin kohtaan se määritetään ketjussa, jotta z :n vaikutus saadaan minimoitua. (Montgomery 2009 2-5.)



Kuvio 5. Tapahtumamalli $X+Z = Y$.

Koetilanteessa pystytään z :n vaikutus minimoimaan, mutta todellisessa lähetystilanteessa sillä on suuri vaikutus. Tämän takia niitä pitää tuoda jossain määrin mukaan koetilanteeseen eli materiaalin pitää olla monipuolista. Pelkän siniään²⁰ käyttö ei riitä, sillä audiota vastaanottavat ja purkavat laitteet käyttävät niin kutsuttua "error concealment" – korjausta mikäli esimerkiksi yksittäisiä äänipaketteja jää saapumatta perille. Käytännössä näin saadaan pieniä datahäviötä korjattua siten, ettei niitä rekisteröidä.

Kuviossa 6 on eroteltu X - ja Y -tekijöitä, jotka vaikuttavat ohjelmankeruussa ja siirrossa. Koska määrättyjen Z -tekijöiden arvoa tai olemassaoloa on mahdotonta ennustaa eri tilanteissa, on järkevää poistaa niitä kokeen ajaksi. Hyvä esimerkki tällaisesta tekijästä on "Keruuysteys" eli tiedonsiirtoon käytettävä verkko, jossa saattaa tulla mitä tahansa

²⁰ LOS-yhteyksien testaamiseen käytetään 1KHz siniääntä eli niin kutsuttua "vinkua"

pakettihäviötä tai yhteysongelmia. Samoin X-tekijöistä ”Tekninen laite” joudutaan jättämään pois, koska sen valmistajaa tai merkkiä ei voida vielä sanoa tarkasti.

X	Z
Häviöllinen pakkaus	Keruuuyhteys
Tekninen laite	Ohjelmisto
Kieli	Tilan vaikutus
Ohjelma	Taustaaänet
Lähetysreitti	Sää
Uudelleen pakkaus	Vuodenaika
Summa X	Summa Z

Kuvio 6. X- ja Z- tekijät.

Tätä tapaa soveltaen tutkimus tehdään kuuntelututkimuksena, jossa eri radiokanavien tekniset tuottajat toimivat kuunteluryhmänä. Kuuntelijat tietävät aina, mitä lähettä kuuntelevat, jotta he voivat kommentoida eri koodaustapojen välisiä eroja. Alkuperäisen, lineaarisen äänen lisäksi näitä tyypillisiä näytteitä pakataan kolmella eri pakkausmuodolla:

AAC LC 256kbit/s 48KHz Stereo (Musiikki)

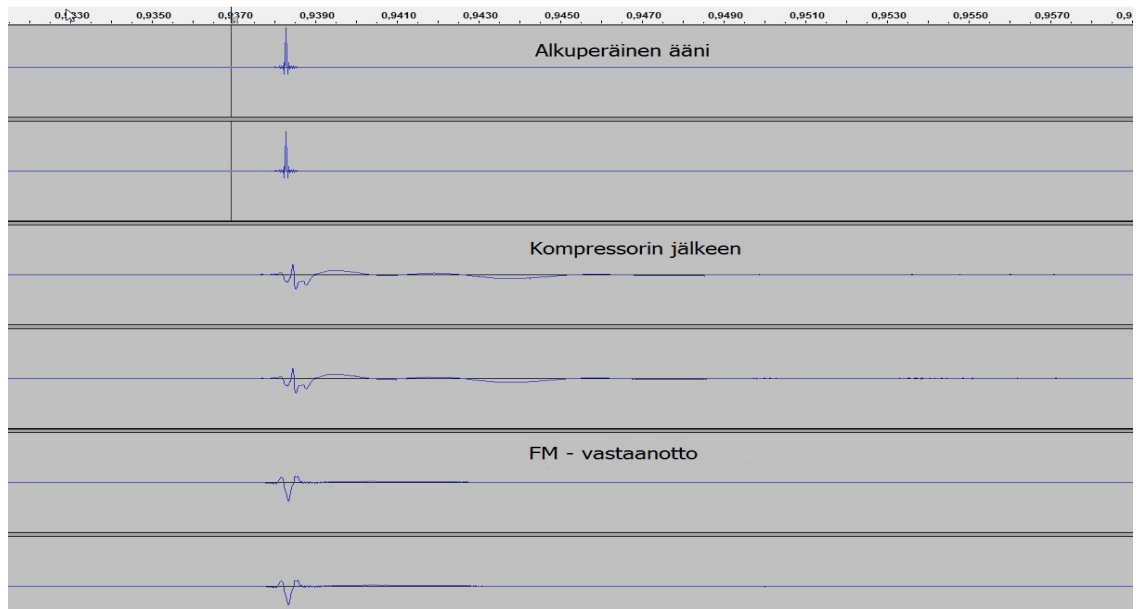
AAC LC 64kbit/s 48KHz Mono (Puhe)

BRIC HQ2 (Puhe)

3.2 Materiaalin äänitys ja ulosajo

Testien ajankohdaksi valittiin kesäaikaan siirtymisen yö, jolloin Radion Kytchentäkeskuksessa on tavallista suurempi miehitys. Testi suoritettiin kello 00.05 alkaen. Testit suoritti työryhmä Hannu Halme, Tomi Lundgren, Jyrki Guttorm, Jouko Koivusaari ja Kari Mäenpää. Materiaalin lisättiin yksikköimpulssi, jotta sen vaste voidaan mitata samassa yhteydessä. Yksikköimpulssi näyttää, miten lähetysreitillä olevat kompressointilaitteet ja niiden asetukset vaikuttavat ääneen. Esimerkkinä

seuraavassa kuviossa on YleX, jossa yksikköimpulssin lisäksi on kuvattu kaksi muuta pistettä eli ääni sen ulostulossa kompressoinnin jälkeen sekä Kivenlahden FM - taajuudelta kuultuna.



Kuvio 7. Yksikköimpulssi YleX.

Kuviossa 7 on esitetty kuvankaappauksella YleX – kanavan yksikköimpulssi, jonka avulla koe voidaan periaatteessa toistaa myöhemmin.

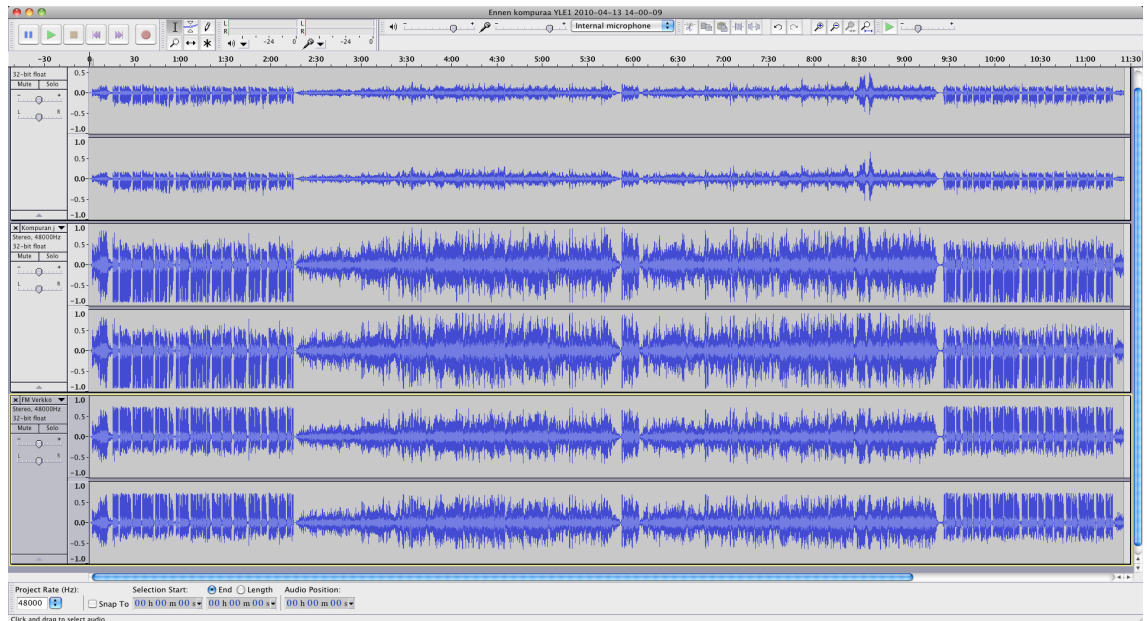
4 Tutkimustulokset

Alkuperäiset ääni- ja kuvatiedostot ovat talletettuina Yleisradion KytKentäkeskuksen verkkotaltioon Pasilassa. Audiomateriaali on työstetty Audacity – äänieditorilla (1.3.12-beta Mac OSX) ja viety MP3 – muotoon LAME – kirjastolla (Lame 3.98.2) sekä AAC – muotoon FFmpeg – kirjastolla (F52.36.0, C52.32.0, U50.3.0). Videomateriaali on käsitelty Final Cut Express – ohjelmistolla ja viety MP4 – muotoon iMedia Converter – ohjelmistolla. Kahdeskymmenes huhtikuuta 2010 järjestetyssä purkutilaisuudessa olivat paikalla sueraavat henkilöt: Jukka Laaksonen (Metropolia AMK), Kari Ahola (YleX), Markku Carstens (Yle/RKK), Mikko Hahkio (Yle/TaHa), Hannu Halme (Yle/TaHa) RistoHuoso (Yle/JaHa), Jouko Koskenseppä (Yle Radio Suomi), Tomi Lundgren (Yle/TaHa), Risto Noponen (Yle/TiHa), Jari Rantschukoff (Yle Radio 1), Raimo Sinkko (Yle/TaHa) ja Staffan Sundström (FSR Vega)

Yksi huomattava asia on se, että Digita Oy siirtää ohjelmaa J41 – koodauksella eli apt-X – koodauksella (384kbit/s) Pasilan ja Kivenlahden välisellä osuudella. Tämä uudelleenpakkaus aiheuttaa myös jonkinasteista heikkenemistä näytteiden laadun

4.1 Yle Radio 1

Kuviossa 8 on esitetty Yle Radio1 – kanavan äänimateriaali, joka koostui puheesta ja musiikista. Ylinnä kuviossa on alkuperäinen materiaali, keskimmäisenä stereoraita kompressoinnin jälkeen ja alimmaisena on FM-vastaanoton (Espoon Kivenlahti) jälkeen tallennettu materiaali. Yle Radio 1 alkuperäisen testimateriaalin nauha oli vioittunut ja testi uusittiin suorasta lähetyksestä seuraavana arkipäivänä, siten että ensimmäinen viisi minuuttia ajettiin Comrexin HQ2 protokollalla, joka vaihdettiin kesken lähetyksen stereo AAC LC 256 kbit/s koodaukseen.



Kuvio 8. Kuvankaappaus Yle Radio 1.

Yle Radio 1 teknisen tuottajan Jouni Kenttämiehen mukaan ensimmäinen viisi minuuttia, jolloin käytössä on puheeseen tarkoitettu HQ2 – pakkaus tekee musiikista ”rakeista” ja stereokuva kapenee rajusti. Stereokuva velloo ja aaltoilee musiikin mukana epämääräisesti koko ajan. Koodauksen vaihdon jälkeen (5 min) Kenttämies ei huomaa mitään eroa alkuperäiseen, eikä päatekompressio kaiva esiin mitään artefakteja eli keinotekoisia kuuloisia ääniä. Jouni Kenttämiehen mukaan AAC – koodausta tällä bittinopeudella voidaan käyttää ilman rajoituksia ohjelmansiirrossa (Kenttämies 2010).

Yle Radio 1 – liitetiedostot ovat:

Video 1 Yle Radio 1

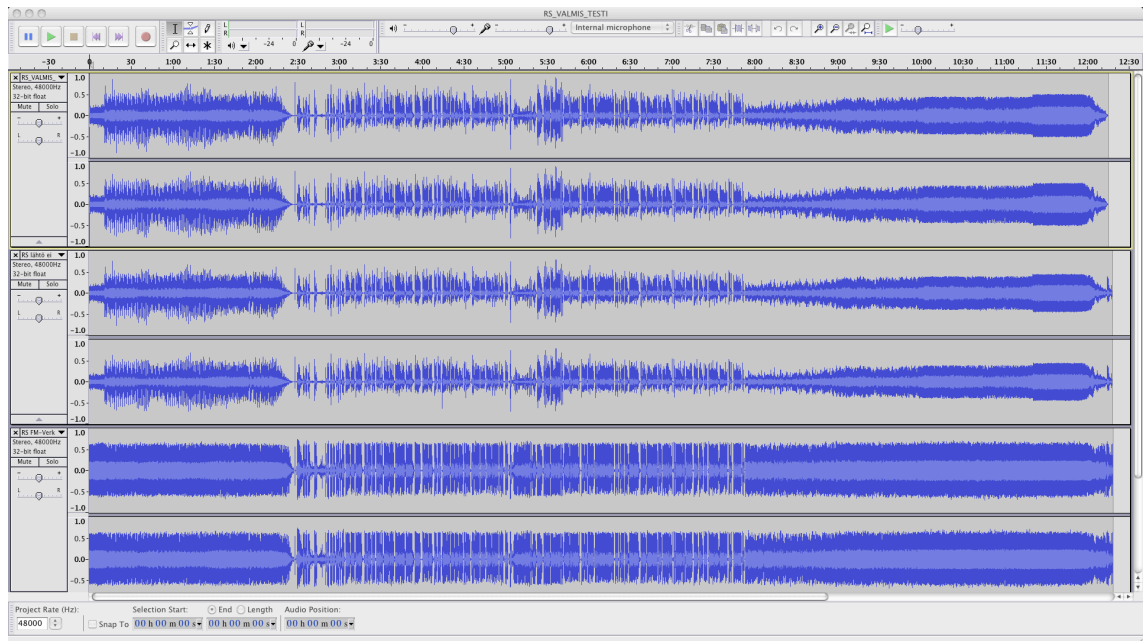
Audio 1 Yle Radio 1 materiaali

Audio 2 Yle Radio 1 lähtö kompuralla

Audio 3 Yle Radio 1 FM Verkkö

4.2 Radio Suomi

Kuviossa 9 on esitetty Radio Suomen äänimateriaalit, jotka koostuivat musiikista ja puheesta. Musiikissa on käytetty AAC 256kbit/s – ja puheessa 64kbit/s – koodausta.



Kuvio 9. Kuvankaappaus Radio Suomi.

Radio Suomen teknisen tuottajan Jouko Koskensepän mukaan FM – verkosta äänitetystä näytteestä on sähköistä sirinää ylätaajuuksilla puhenäytteiden kohdalla. Miesjuontajan ääni kuulostaa metalliselle, mutta musiikkiosuudessa häiriö ei ole huomattavaa. Koskensepän mielestä virhe ei ole häiritsevää uutistoiminnassa, mutta pidemmissä puheosuuksissa kyllä (Koskenseppä 2010).

Radio Suomi liitetiedostot ovat:

Video 2 Radio Suomi

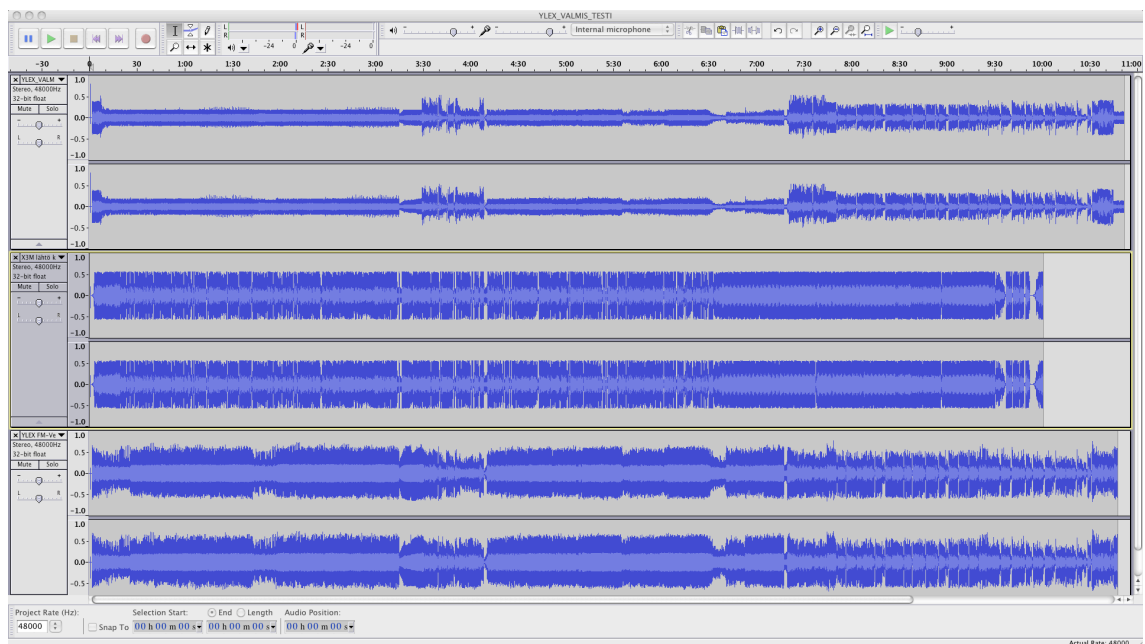
Audio 4 Radio Suomi materiaali

Audio 5 Radio Suomi ei kompuraa

Audio 6 Radio Suomi FM Verkko

4.3 YleX

Kuviossa 10 on esitetty YleX – radiokanavan äänimateriaalit. Musiikki on koodattu AAC 256kbit/s - ja puhe 64kbit/s – koodauksilla. Lisäksi pitää huomioida, että puheen alla oleva musiikkimatto ei normaalissa suorassa lähetyksessä kuulu pakatun materiaalin piiriin, koska se lisätään ohjelmaan vasta studiosta. Tämä huonontaa tässä olevien näytteiden laatua jonkin verran.



Kuvio 10. Kuvankaappaus YleX.

YleX – kanavan teknisen tuottajan Kari Aholan mukaan musiikissa ero ei ole huomattava, mutta puheessa on huomattavia virheitä. Nämä virheet korostuvat kompressoinnin jälkeen ja FM verkosta kuunneltuina. Kyse on metallisesta pirinästä ylätaajuuksilla, esimerkiksi naisjuontajan S – kirjaimissa (Ahola 2010).

YleX liitetiedostot ovat:

Video 3 YleX

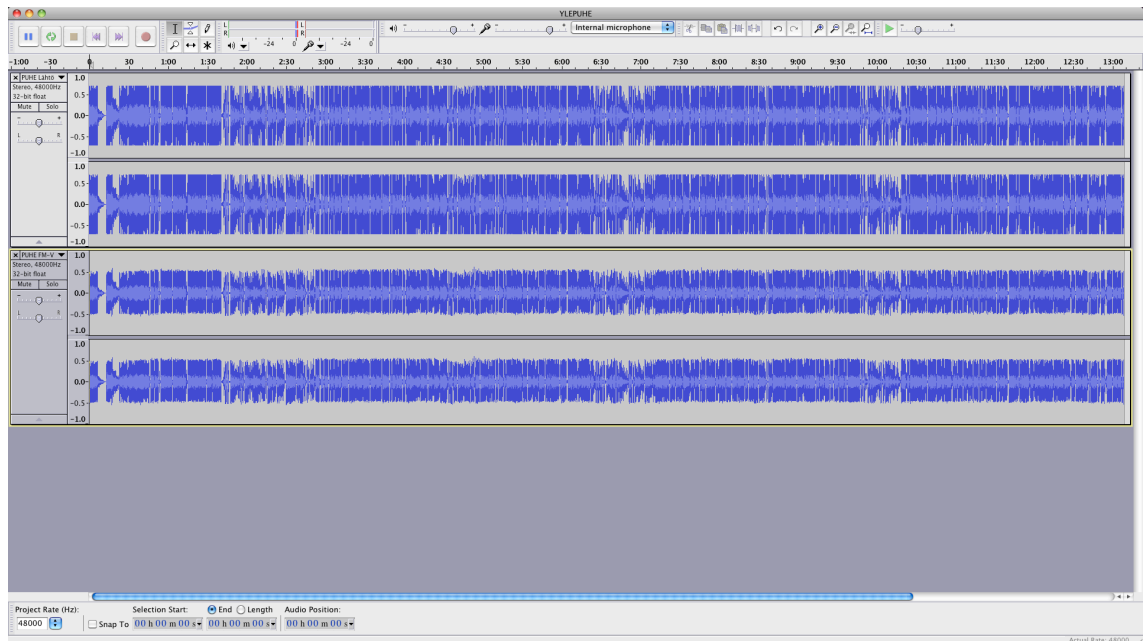
Audio 7 YleX materiaali

Audio 8 YleX lähtö kompuralla

Audio 9 YleX FM Verkko

4.4 YlePuhe

Kuviossa 11 on esitetty YlePuhe – radiokanavan materiaali. Materiaali tehtiin suorana kanavan ohjelmasta, ennen kompressoria. Käytännössä äänilähde ajettiin Comrex – audioenkooderiin, jossa se pakattiin niin kutsutulla ”LoopBack” – toiminnolla (AAC 64kbit/s) ja sen jälkeen se syötettiin normaaliin ohjelmansiirtoketjuun.



Kuvio 11. Kuvankaappaus YlePuhe.

Kanavan teknisen tuottajan Janne Niemisen mukaan näytteessä ei ongelmia, varsinkin ajatellen häviöllisesti pakatun koodauksen käyttötarkoitusta eli suoria uutis- ja ajankohtaisjuttuja (Nieminen 2010).

Yle Puhe liitetiedostot ovat:

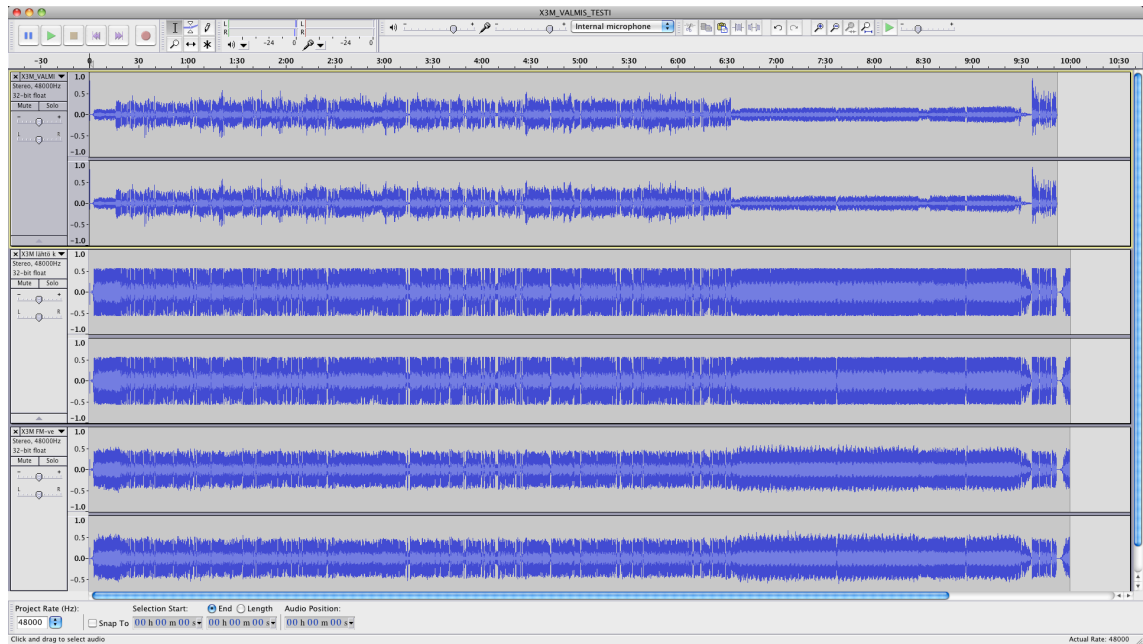
Video 4 Yle Puhe

Audio 10 Yle Puhe lähtö

Audio 11 Yle Puhe FM Verkko

4.5 Radio X3M

Kuviossa 12 on esitetty Radio X3M materiaali. Puheessa on käytetty 64kbit/s ja musiikissa 256kbit/s AAC koodausta. Näytteessä on mukana musiikkimatto, jota ei todellisuudessa koodataisi, sillä se laitetaan ohjelmaan studiosta.



Kuvio 12. Kuvankaappaus FSR X3M.

X3M – kanavan teknisen tuottajan Tapio Niemen mukaan pakatun äänen ylätaajuuksissa on selkeä särö, ja varsinkin S-äänteissä se kuuluu. Tämän testin ja kuuntelijapalautteen perusteella on jo tehty säätöä X3M-kanavan kompressointilaitteistoon määrättyjen ylätaajuuksien kohdalla (Niemi 2010).

Radio X3m liitetiedostot ovat:

Video 5 Radio X3M

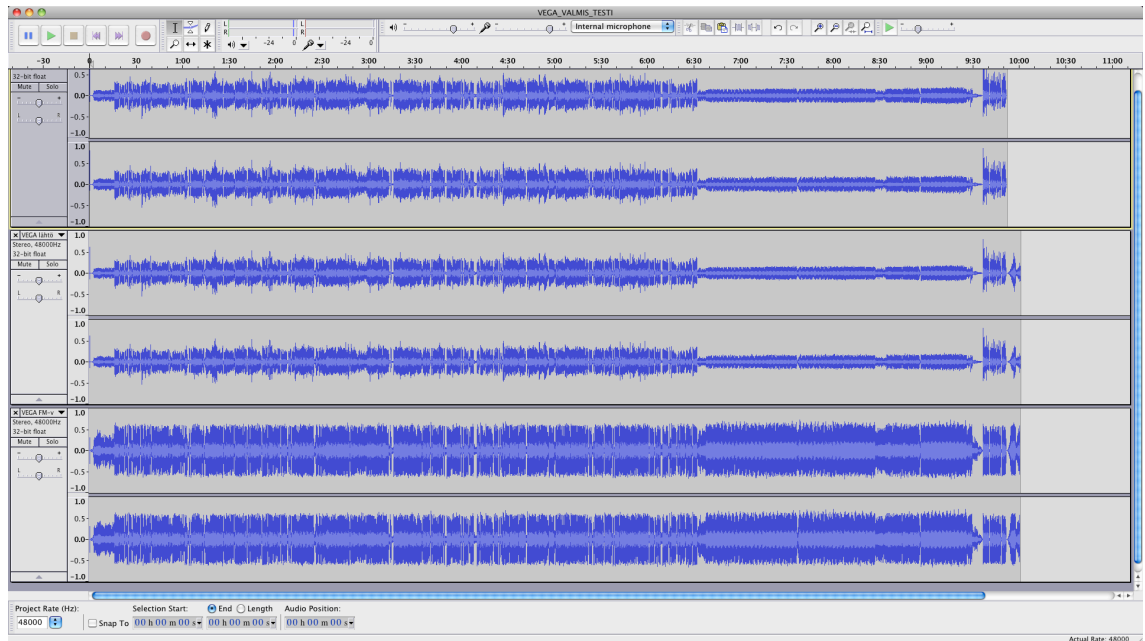
Audio 12 X3m materiaali

Audio 13 X3M lähtö kompuralla

Audio 14 X3M FM Verkko

4.6 Radio Vega

Kuviossa 13 on Radio Vegan esitetty äänimateriaali. Materiaali on samaa kuin X3M –kanavan kohdalla. Puheessa on käytetty 64kbit/s ja musiikissa 256kbit/s AAC –koodausta.



Kuvio 13. Kuvankaappaus FSR Vega.

Radio Vegan teknisen tuottajan Staffan Sundqvistin mukaan puheosuudessa huomaa heti pakkauksen vaikutuksen. Naisjuontajan äänessä kuuluu samankaltaista metallisuutta kuin muissakin 64kbit/s pakatuissa näytteissä (Sundqvist 2010).

Radio Vega liitetiedostot ovat:

Video 6 Radio Vega

Audio 15 Radio Vega materiaali

Audio 16 Radio Vega lähtö ei kompuraa

Audio 17 Radio Vega FM Verkko

5 Päätelmät

Näiden testien perusteella voidaan sanoa, että musiikkiohjelmassa AAC 256kbit/s riittää siirtoyhteyksissä, mutta puheohjelmassa AAC 64kbit/s ei ole riittävän hyvä pakkausmenetelmä. Tätä selittää osaksi se, ettei näissä testeissä saatu ”oikeaa” suoraa tilannetta aikaiseksi, kaikki materiaali oli etukäteen nauhoitettua. Osa sisälsi vielä taustamusiikkia. Puheen ajateltu kaista uutis- ja ajankohtaistoinnassa on noin 15KHz ja musiikin 20KHz. Minne muita ohjelmatyyppejä tullaan sijoittamaan; onko urheilulähetys puhetta ja jumalanpalvelus musiikkia?

Vastaus tutkimuskysymyksiin: ”Vaikuttaako häviöllisesti pakatun äänen käyttö radiokanavan äänimaailmaan?” ja ”Säilyykö äänimaailma samana muutoksen jälkeen?” löytyy näiden tulosten perusteella. Vaikutus on suuri, mikäli voidaan käyttää vain pieniä bittinopeuksia. Mitä suurempia nopeudet ovat, sitä vähemmän vaikutukset kuuluvat. Äänimaailma säilyy ennallaan, mikäli yhteyksien kaistanleveyksiin panostetaan tarpeeksi.

Analogisessa siirrossa kyse oli monosta ja stereosta eli yhdestä tai kahdesta lähettimestä. Käytännössä raskaampi ääniauto tekee äänen stereona ja kevyt, yksinkäyttävä farmariauto tekee äänen monona. Uudessa tavassa siirtää ei tätä jakoa enää ole, ellei sitä keinotekoisesti tehdä esimerkiksi asentamalla jokin määrätty siirtotie raskaampiin autoihin ja käyttämällä vain toista yksinkäytössä. Koska laitteet eivät aseta rajoituksia siihen, minkä tasoista ääntä voidaan siirtää, vaan rajoitus tulee verkoista ja niiden kapasiteetistä, on järkevää määrittää etukäteen eri ohjelmatyyppien vaatimat pakkausalgoritmit. Tämä siksi, että suurin osa käyttäjistä ei omaa kokemusta uudesta tavasta siirtää ohjelmaa. Kestää kuitenkin jonkin aikaa, ennen kuin IP-siirtotie muodostuu samanlaiseksi jokapäiväiseksi rutiiniksi, jota nykyinen LOS – järjestelmän käyttö on. Tämän lisäksi IP-siirtotie itsessään kehittyy vielä ja uusia laitteita tulee koko ajan markkinoille.

Ajatellen vielä kehittymässä olevaa tekniikkaa on hyvä, että osa laitteista tukee toimintoa, jossa ”ylimääräiset” ominaisuudet ja algoritmit voidaan piilottaa tavalliselta käyttäjältä.

Yleisradiossa on parhaillaan käynnissä kilpailullinen neuvottelumenettely²¹ kokonaisvaltaisen ratkaisun löytämiseksi äänen siirtämisen tulevaisuuden tarpeisiin. Kyseisen kilpailutuksen yksi osa-alue ovat laitteet, joilla ääntä siirretään. On tärkeää huomioida myös tässä asiassa se, mitä tämän tutkimuksen kautta opittiin. Radiokanavien äänimaailmojen erot ovat niin suuria, ettei voida varmuudella sanoa, miten jokin toinen häviöllinen pakkausalgoritmi vaikuttaa mihinkin kanavaan ja äänimaisemaan.

Jos vaikutuksia halutaan tutkia lisää, ja sitä kautta saada aikaan määrätyt bittinopeudet ja pakkausalgoritmit puheelle, musiikille ja muillekin ohjelmatyypeille, pitää perustaa oma radiokanava testejä varten. Kustannuksiltaan testikanava ei olisi kovinkaan suuri investointi ja sen avulla saataisiin varmuus siitä, että Yleisradion tuote pysyy ensiluokkaisena myös uuden siirtotavan myötä.

²¹ Finnish Broadcasting Company, Request to Participate in the Competitive Dialogue; "IP – based Audio Contribution Solution"

Lähteet

- Columbia University. (1999). RFC2733 ; An RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction. (Schulzrinne, Hans Ed.) New York, NY, USA. Saatavana <http://www.ietf.org/rfc/rfc2733.txt> (Luettu 10.2.2010).
- EBU. (2008). Audio Contribution over IP; Requirements for Interoperability. European Broadcasting Union. Geneva, Sveitsi. Saatavana <http://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3326.pdf> (Luettu 17.2.2010).
- Fraunhofer Institut Integrierte Schaltungen. (2008). AAC Software. Erlangen, Saksa. Saatavana http://www.iis.fraunhofer.de/bf/amm/download/MPEG_AAC_Family_V0609_270809_EN.pdf (Luettu 15.3.2010).
- Kosola, Jyri & Solante Tero. (2003). Digitaalinen Taistelukenttä - Informaatioajan sotakoneen tekniikka (Vol. XIII). Helsinki: Edita Prima.
- Montgomery, Douglas C. (2009). Design and Analysis of Experiments (7th Edition). New York: John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd.
- The Internet Society. (2003). RFC 3513 ; Internet Protocol Version 6 (IPv6) Addressing Architecture. (Hinden, Robert M. ja Deering, Stephen E. Ed.) Mountain View, California, USA. Saatavana <http://www.ietf.org/rfc/rfc3513.txt> (Luettu 10.2.2010).

Haastattelut

- Ahola, Kari (Huhtikuu 2010). Tekninen Tuottaja. (K. Mäenpää, Haastattelija)
- Kenttämies, Jouko (Huhtikuu 2010). Tekninen Tuottaja. (K. Mäenpää, Haastattelija)
- Koskenseppä, Jyrki (Huhtikuu 2010). Tekninen Tuottaja. (K. Mäenpää, Haastattelija)
- Niemi, Tapio (Huhtikuu 2010). Tekninen Tuottaja. (K. Mäenpää, Haastattelija)
- Nieminen, Janne (Huhtikuu 2010). Tekninen Tuottaja. (K. Mäenpää, Haastattelija)
- Sundqvist, Staffan (Huhtikuu 2010). Tekninen Tuottaja. (K. Mäenpää, Haastattelija)

Liitteet

1. RFC 2733.pdf
2. RFC 3513.pdf
3. RFC 2371.pdf

4. MPEG AAC Family.pdf
5. Iso Paja Auditorio 20.4.2010.pdf
6. EBUtech 3326.pdf
7. Video 1 Yle Radio 1.mp4
8. Audio 1 Yle Radio 1 materiaali.mp3
9. Audio 2 Yle Radio 1 lähtö kompuralla.mp3
10. Audio 3 Yle Radio 1 FM Verkko.mp3
11. Video 2 Radio Suomi.mp4
12. Audio 4 Radio Suomi materiaali.mp3
13. Audio 5 Radio Suomi ei kompuraa.mp3
14. Audio 6 Radio Suomi FM Verkko.mp3
15. Video 3 YleX.mp4
16. Audio 7 YleX materiaali.mp3
17. Audio 8 YleX lähtö kompuralla.mp3
18. Audio 9 YleX FM Verkko.mp3
19. Video 4 Yle Puhe.mp4
20. Audio 10 Yle Puhe lähtö.mp3
21. Audio 11 Yle Puhe FM Verkko.mp3
22. Video 5 Radio X3M.mp4
23. Audio 12 X3M materiaali.mp3
24. Audio 13 X3M lähtö kompuralla.mp3
25. Audio 14 X3M FM Verkko.mp3
26. Video 6 Radio Vega.mp4
27. Audio 15 Radio Vega materiaali.mp3
28. Audio 16 Radio Vega lähtö ei kompuraa.mp3
29. Audio 17 Radio Vega FM Verkko.mp3